

## **Advanced aluminium alloys prepared by powder metallurgy and spark plasma sintering**

### **Moderní hliníkové slitiny připravené práškovou metalurgií a plasmovým sintrováním**

Disertační práce je věnována experimentálnímu studiu dvou hliníkových slitin (slitiny Al7075 a její modifikace obsahující 1 hm. % Zr) připravené moderními metodami práškové metalurgie. Komerční slitina Al7075 patří mezi hliníkovými slitinami k nejpevnějším. Vysoké pevnosti je u ní dosahováno především precipitačním zpevněním. Nevýhodou této slitiny připravené klasickou metodou ingotové metalurgie je však ztráta pevnosti po expozici u zvýšených teplot (nad zhruba 200 °C), kdy dochází k hrubnutí a případně rozpouštění zpevňujících precipitátů. Pro přípravu hliníkových slitin, které by si vysokou pevnost uchovaly i po vysokoteplotní expozici, je proto nutné hledat alternativní způsoby přípravy. V práci byla použita metoda práškové metalurgie, u níž se mj. očekávalo, že umožní přípravu materiálu s velmi malým zrnem a tedy s velkým množstvím hranic zrn, které významně přispějí k pevnosti materiálu.

Hlavními cíli práce bylo:

- Připravit výše zmíněné slitiny metodami práškové metalurgie, konkrétně plynou atomizací, a mechanickým mletím
- Studovat strukturu, fázové složení a mikrotvrdot práškových materiálů v různých stádiích přípravy a zjistit vliv parametrů mechanického mletí
- Zhutnit práškové materiály metodou plasmového sintrování
- Studovat strukturu, fázové složení a mikrotvrdot zhutněných kompaktních vzorků
- Studovat teplotní stabilitu připravených kompaktních vzorků po tepelné expozici až do teploty 425 °C

První část disertační práce je věnována stručnému přehledu zpevňujících mechanismů a především rozsáhlé rešerši různých způsobů přípravy hliníkových slitin. Tato část obsahující velké množství nejnovějších referencí může v budoucnosti sloužit jako výborný teoretický základ pro další výzkumy v této oblasti.

Těžištěm práce je popis experimentálních výsledků. Práce je ojedinělá v tom, že provedený výzkum je komplexní a byla při něm využito velké množství experimentálních metodik, jako světelná mikroskopie, řádkovací elektronová mikroskopie, difrakce zpětně odražených

elektronů, rentgenová difrakce, transmisní elektronová mikroskopie a měření mikrotvrdosti. Vysoce je třeba ocenit fakt, že s výjimkou rentgenové difrakce, která byla prováděna v rámci řešeného projektu GAČR na spolupracujícím pracovišti, autorka disertační práce zvládla všechny zmíněné metodiky, což především u transmisní elektronové mikroskopie prováděné na práškových částicích o velikosti desítek mikrometrů zaslouží obdiv.

Množství experimentálních výsledků, které autorka práce získala během svého doktorského studia, je extrémně velké a do disertační práce zahrnula jen ucelenou část těchto výsledků. Za nejdůležitější výsledky považují:

- Vytvoření nanokrystalické struktury s velikostí zrna v oboru desítek nanometrů v mechanicky mletých práscích
- Mikrotvrdost převyšující 300 HV v planetárně mletých práscích, což představuje téměř 100% navýšení oproti maximálně vytvrzenému materiálu připravenému metodou ingotové metalurgie
- Přípravu kompaktních vzorků s pórovitostí pod 1 obj. % metodou plasmového sintrování u relativně nízké teploty 425 °C po velmi krátkou dobu 2 minut
- Zachování homogenní submikrokrystalické struktury ve zhutněných kompaktech
- Vysokou mikrotvrdost (až kolem 200 HV) kompakťů připravených z planetárně mletých prášků
- Výbornou stabilitu struktury a zachování vysoké mikrotvrdosti po tepelné expozici u teploty až 425 °C

V diskusní části práce jsou získané výsledky porovnány s výsledky jiných autorů na podobných materiálech. V některých ohledech jsou výsledky uvedené v této disertační práci naprosto unikátní a byly již publikovány v mezinárodních impaktovaných časopisech. Vzhledem k tomu, že byla studována komerční slitina s velmi komplikovaným fázovým složením a mikrostrukturou, je nemožné získané hodnoty mikrotvrdosti kvantitativně interpretovat s využitím teorií jednotlivých zpevňujících mechanismů. Proto jsou jednotlivé příspěvky ke zpevnění interpretovány pouze kvalitativně.

Disertační práce je sepsána srozumitelně, logicky členěna, výsledky jsou jasné dokumentovány obrázky a neobsahuje prakticky žádné formální chyby.

Závěrem konstatuji, že předložená práce má mimořádnou úroveň a svědčí o tom, že RNDr. Orsolya Molnárová je komplexním vědeckým pracovníkem. Doporučuji proto, aby

předložená práce byla přijata k obhajobě a po jejím úspěšném absolvování autorce udělen titul Ph.D.

V Praze, 7.9.2018

Doc. RNDr. Přemysl Málek, CSc.

školitel